# FORAMINÍFEROS RECIENTES DE LA ISLA DE MENORCA (BALEARES) Y SU APLICACIÓN COMO INDICADORES BIOLÓGICOS DE CONTAMINACIÓN LITORAL

*por Guillermo Mateu (1)*

## *Introducción*

Este trabajo se refiere a las biocenosis y tanatocenosis de Foraminíferos actuales procedentes de 9 estaciones de Menorca, la isla más oriental del Archipiélago Balear, situada en el Mediterráneo entre los 39° 48' 4" y 40° 5' 9" latitud Norte y los 3° 41' 4" y 4° 19' 6" longitud Este. Su interés científico es notable no sólo por sus características geológicas (paleozoico-miocénicas) sino también por ser estos sustratos asiento de una fauna rizopódica litoral cuyas comunidades, cualitativa y cuantitativamente, van siendo alteradas por las crecientes poluciones y contaminaciones debidas a vertimientos humano-industriales.

El interés del presente estudio queda centrado en dos puntos principales: 1) La comparación de las *biocenosis* situadas en dos biotopos que, aunque sean geográficamente más o menos cerrados y con profundidades poco pronunciadas, el uno (Puerto de Mahón) está notablemente contaminado y el otro (Bahía de Fornells) sigue casi en su estado natural. 2) La comparación también de las *tanatocenosis* depositadas sobre sustratos mineralógicos tan diversos como son las formaciones paleozoicas y post- paleozoicas del N. de la isla (Cala Tirant, Fornells y Arenal d'en Castell) y las miocénicas del Sur (Cala Sta. Galdana).

Estos Foraminíferos litorales y bentónicos de la Isla de Menorca no habían sido todavía estudiados ya que los precedentes trabajos (COLOM

---

(1) *Instituto Español de Oceanografía.* Laboratorio Oceanográfico de Baleares. Palma de Mallorca (Baleares).

*Universidad Autónoma de Barcelona.* Facultad de Ciencias de Baleares.

1972, y 1964; MATEU, 1970) se refieren a medios más profundos y extensos del Mar Balear o a zonas diferentes del litoral catalano-balear.

*Método de estudio*

Para el estudio de las biocenosis de Foraminíferos, el material (algas, posidonias, sedimentos organogénicos, etc), lo hemos obtenido mediante una pequeña draga rastreadora. Después lo hemos fijado en etanol al 30% para, en fracciones de 5 gramos, teñirlo después con rosa Bengala (WALTON, 1952). A 40x hemos clasificado los 200 primeros individuos encontrados en cada muestra, anotando los vivos (V) cuyo protoplasma aparece teñido en rojo y los muertos (M) vacíos de protoplasma y sin teñir.

De todos los individuos se han tomado en micras las medidas máxima y mínima (que no aparecen aquí por límites de espacio) como también el índice de productividad y el índice $\alpha$ de Fischer que relaciona el número de especies con el número de individuos de cada muestra.

*Algunos datos oceanográficos y sedimentológicos*

Las influencias de las aguas atlánticas en el Mediterráneo, según FURNESTEIN (1960), es menor en la zona nor-oriental que en la zona sur del Mar Balear. Así mientras en el Puerto de Mahón, en verano de 1970 (Campaña del XAUEN), la salinidad oscilaba alrededor de los 37,95‰, al sur de Ibiza era del orden de los 36,90‰.

Aunque las muestras estudiadas procedan de profundidades no superiores a los 20 mts., es útil recordar que los sedimentos organogénicos de las zonas más profundas del litoral menorquín contienen según BALLE (1969) la notable cantidad de un 60 a un 80% de $CO_3Ca$ en su porción granulométrica y nosotros hemos podido constatar más de un 50% de Foraminíferos en su elemento microfaunístico.

*Zonas de distribución de los Foraminíferos*

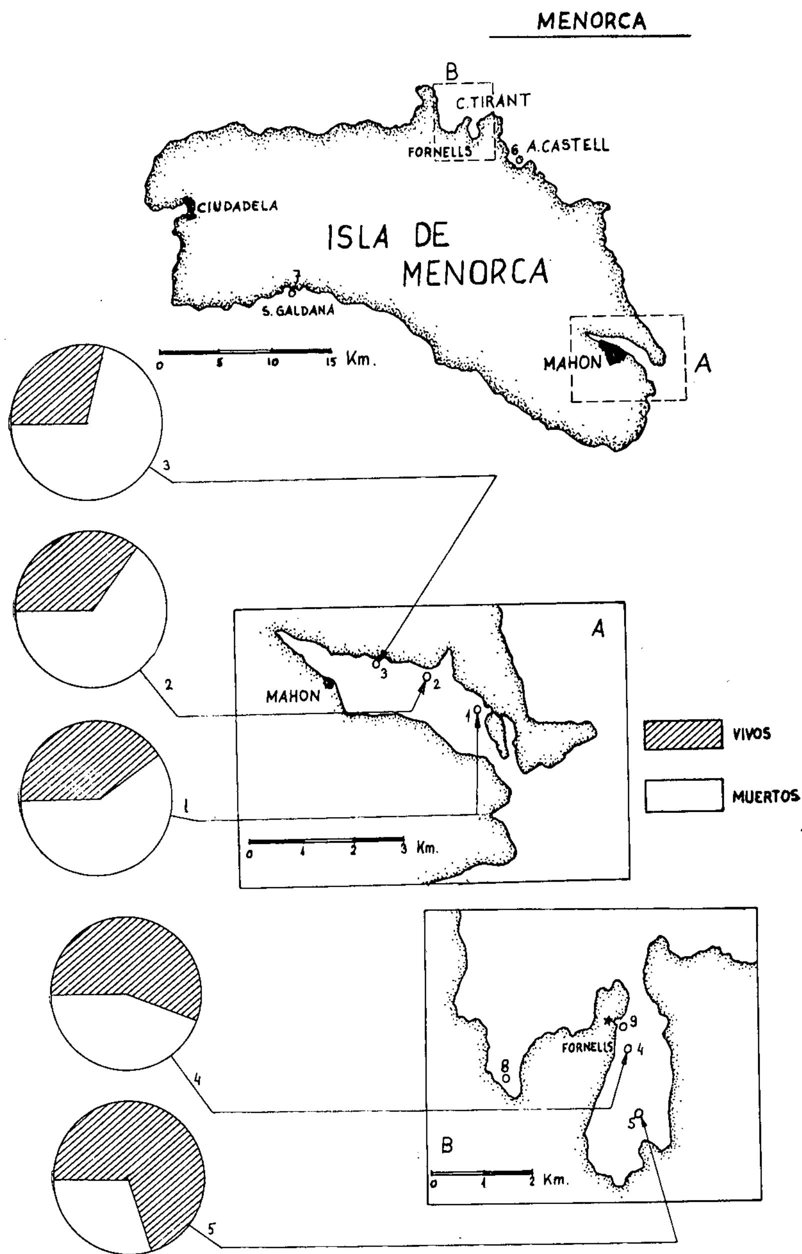
Las 5 biocenosis y las 4 tanatocenosis de nuestro estudio tienen una distribución específica de acuerdo con el sustrato o biotopo que condiciona su vida y según la influencia de aquellos factores físico-químicos que pueden alterar el medio, aunque se trata de especies generalmente euribáticas

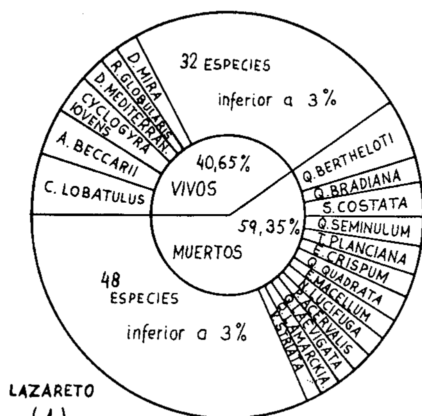
las que pueblan el litoral de Menorca, del que destacamos las siguientes zonas microfaunísticas:

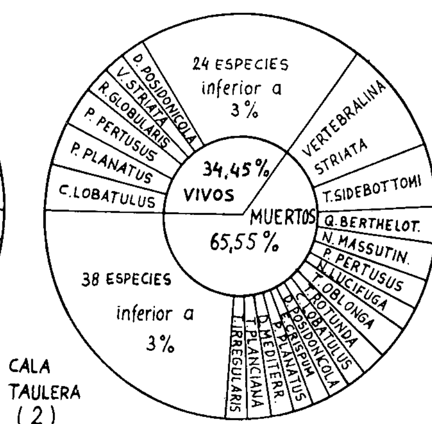
I.—*Zona litoral SW. (Cala Galdana)*. Facies sedimentológica determinada por la asociación *Nubecularia-miniacetum* que, junto con los *Miliolidae,* dan un matiz calcáreo porcelanoide con manchas pardo-rojizas de *Miniacina* en el fino elemento granulométrico de este litoral miocénico menorquín.

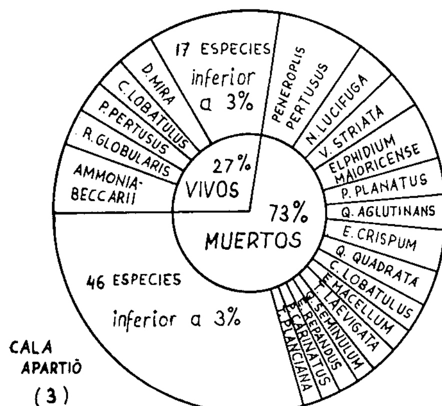
II.—*Zona litoral N. (Cala Tirant, Port de Fornells y Arenal d'en Castell)*. La configuración privilegiada de la Bahía de Fornells con sus escasos 300 mts. de anchura en su entrada y unos 4,25 kms. de longitud por 1,75 kms. de anchura, con profundidades que no pasan de los 20 mts., en sus aguas claras y tranquilas permite unas biocenosis epífitas ricas en formas calcáreo-perforadas tales como *Discorbis posidonicola, Cibicides lobatulus, Ammonia beccarii, Planorbulina mediterranensis,* etc., microfauna distinta a la que forma las biocenosis de *Peneroplidae, Nubeculariidae* y *Miliolidae,* de la zona arenosa comprendida entre el pueblo de Fornells y la entrada a la bahía del mismo nombre.

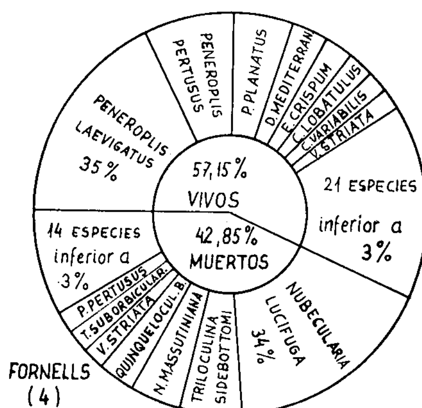
III.—*Puerto de Mahón.* Abrigo natural, casi cerrado, antiguamente de estratégico valor y hoy biológicamente muy alterado por los vertimientos terrígenos y deshechos humano-industriales. La proliferación de tubifícidos y serpúlidos, tales como el *Hidroides (Serpula) norvegica,* nos indican el empobrecimiento en oxígeno y la abundancia de aguas residuales, cuyos efectos se dejan sentir en el desequilibrio de las poblaciones de Foraminíferos que presentan una diversidad específica de individuos muertos mayor que la de los vivos de la misma muestra. Las posibilidades de vida para esta microfauna en las zonas contaminadas contiguas a la ciudad de Mahón queda reducida a un 27%, mientras que en la zona cercana al mar abierto alcanza un 40,65% de la población microfaunística total.

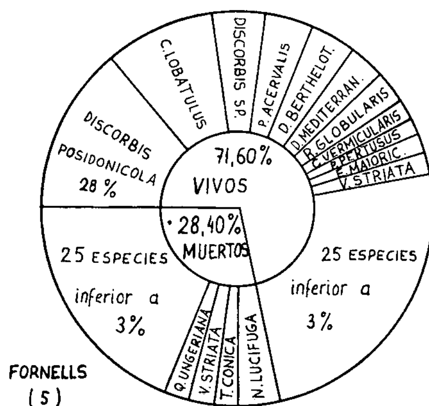

DISTRIBUCION DE LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS
INDICADORES DE CONTAMINACION LITORAL
MENORCA
B
C. TIRANT
FORNELLS
6
A. CASTELL
CIUDADELA
ISLA DE
MENORCA
7
S. GALDANA
0 5 10 15 Km.
MAHON
A
3
2
1
MAHON
A
0 1 2 3 Km.
VIVOS
MUERTOS
4
5
9
FORNELLS
8
B
0 1 2 Km.

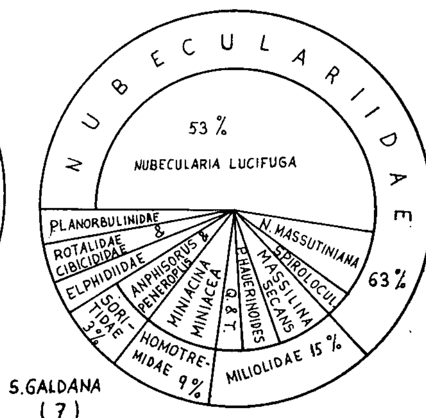

32 ESPECIES inferior a 3%
D. MIRA
R. GLOBULARIS
D. MEDITERRAN.
CYCLOGYRA IOVENS
A. BECCARII
C. LOBATULUS
40,65% VIVOS
59,35% MUERTOS
Q. BERTHELOTI
Q. BRADIANA
S. COSTATA
Q. SEMINULUM
T. PLANCIANA
E. CRISPUM
Q. QUADRATA
E. MACELLUM
N. LUCIFUGA
P. ACERVALIS
E. LAEVIGATA
Q. LAMARCKIA.
V. STRIATA
48 ESPECIES inferior a 3%
LAZARETO
(1)


24 ESPECIES inferior a 3%
D. POSIDONICOLA
V. STRIATA
R. GLOBULARIS
P. PERTUSUS
P. PLANATUS
C. LOBATULUS
34,45% VIVOS
MUERTOS 65,55%
VERTEBRALINA STRIATA
T. SIDEBOTTOMI
Q. BERTHELOT.
N. MASSUTIN.
P. PERTUSUS
N. LUCIFUGA
T. OBLONGA
T. ROTUNDA
C. LOBATULUS
D. POSIDONICOLA
E. CRISPUM
P. PLANATUS
D. MEDITERR.
T. PLANCIANA
L. IRREGULARIS
38 ESPECIES inferior a 3%
CALA TAULERA
(2)


17 ESPECIES inferior a 3%
D. MIRA
C. LOBATULUS
P. PERTUSUS
R. GLOBULARIS
AMMONIA-BECCARII
27% VIVOS
73% MUERTOS
PENEROPLIS PERTUSUS
N. LUCIFUGA
V. STRIATA
ELPHIDIUM MAIORICENSE
P. PLANATUS
Q. AGLUTINANS
E. CRISPUM
Q. QUADRATA
C. LOBATULUS
E. MACELLUM
E. LAEVIGATA
Q. SEMINULUM
D. REPANDUS
E. CARINATUS
T. PLANCIANA
46 ESPECIES inferior a 3%
CALA APARTIÓ
(3)


PENEROPLIS PERTUSUS
P. PLANATUS
D. MEDITERRAN.
E. CRISPUM
C. LOBATULUS
C. VARIABILIS
V. STRIATA
PENEROPLIS LAEVIGATUS 35%
57,15% VIVOS
42,85% MUERTOS
21 ESPECIES inferior a 3%
14 ESPECIES inferior a 3%
P. PERTUSUS
T. SUBORBICULAR.
V. STRIATA
QUINQUELOCUL. B.
N. MASSUTINIANA
TRILOCULINA SIDEBOTTOMI
NUBECULARIA LUCIFUGA 34%
FORNELLS
(4)


C. LOBATULUS
DISCORBIS S.P.
P. ACERVALIS
D. BERTHELOT.
D. MEDITERRAN.
R. GLOBULARIS
C. VERMICULARIS
P. PERTUSUS
E. MAIORIC.
V. STRIATA
DISCORBIS POSIDONICOLA 28%
71,60% VIVOS
28,40% MUERTOS
25 ESPECIES inferior a 3%
25 ESPECIES inferior a 3%
Q. UNGERIANA
V. STRIATA
T. CONICA
N. LUCIFUGA
FORNELLS
(5)


NUBECULARIIDAE
53% NUBECULARIA LUCIFUGA
PLANORBULINIDAE &
ROTALIDAE & CIBICIDIDAE
ELPHIDIIDAE
SORITIDAE 3%
ANPHISORUS & PENEROPLIS
MINIACINA MINIACEA
Q. & T.
P. HAUERINOIDES
MASSILINA SECANS
SPIROLOCUL.
N. MASSUTINIANA
63%
HOMOTREMIDAE 9%
MILIOLIDAE 15%
S. GALDANA
(7)

*Explicación de las indicaciones* sobre la distribución sistemático-ecológica de los Foraminíferos:

V. = individuos vivos en el momento de la recogida.

M. = individuos muertos, caparazón vacío, sin protoplasma, en el momento de la recogida.

A. = muy abundantes.

a. = abundantes.

C. = corriente.

R. = raro.

r. = muy raro.

## FORAMINIFEROS DE MENORCA (BALEARES)

| Localidades: | Canal Lazareto | | Cala Teulera | | Cala Apartió | | Fornell | | Fornells | | Arenal Castell | Cala Galdana | Cala Tirant | Fornells |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nos. del gráfico | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | V. | M. | V. | M. | V. | M. | V. | M. | V. | M. | M. | M. | M. | M. |
| *Lista de especies* | | | | | | | | | | | | | | |
| AMMODISCIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Ammolagena* sp. | | r | | | | | | | | | | | | |
| *Ammodiscus incertus* d'Orb. | r | r | | | | | r | R | r | | | | | |
| ASTRORHICIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Rhizammina* sp. | | r | | r | | | | | | | | | | |
| TEXTULARIIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Textularia candeiana* d'Orb. | | R | | | | | | | | | | | | |
| *T. conica* d'Orb. | | R | | | | | | C | | | | | | |
| *T. gramen* d'Orb. | | | | | | | | C | | | | | | |
| *T. sagittula* Defr. | | | | | | | | C | | | | | | |
| *Textularia* sp. | | | | | | | | C | | | | | | |
| ATAXOPHRAGMIIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Clavulina mexicana* Cush. | | | | | | | | r | | | | | | |
| *Dorothia pseudotrochus* (Cush.) | | | | | | | | r | | | | | | |
| *Eggerella advena* (Cush.) | | | | | | R | | | | | | | | |
| *E. scabra* (Williams.) | r | r | R | r | | | | | | | | | | |
| *Karreriella alboranensis* (Colom) | | | | r | | | | | | | | | | |
| *Karreriella* sp. | | | | | | | r | | | | | | | |
| FISCHERINIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Fischerina compressa* (Wiesner) | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cyclogyra involvens* (Reuss.) | a | | | | R | | | | | | | | r | |

## FORAMINIFEROS DE MENORCA (BALEARES)

| Localidades: | Canal Lazareto | | Cala Teulera | | Cala Apartió | | Fornell | | Fornells | | Arenal Castell | Cala Galdana | Cala Tirant | Fornells |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nos. del gráfico | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | V. | M. | V. | M | V. | M. | V. | M. | V. | M. | M. | M | M. | M. |
| NUBECULARIIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cornuspira adherens* (Le Calvez) | | r | | | | | | | | | | | | |
| *Nodobacularia glomerosa* (Colom) | | | | | | | | | | | r | r | | |
| *Nubecularia lucifuga* (Defr.) | | C | | a | | A | | a | r | A | a | A | a | a |
| *Nubecularia massutiniana* (Colom) | | R | | C | | | | r | | A | r | a | r | |
| *Ophtalmidium acutimargo* (Brady) | r | | | r | | r | | | | | | | | |
| *Ophtalmidium pusillum* (Earland) | | | | | | r | | | | | | | | |
| *Spiroloculina antillarum* d'Orbigny | | | | | | | | | | | | | | r |
| S. *depressa* d'Orb. | | r | | | | | | | | | | | | |
| S. *disparilis* Terquem. | | r | | | | | | | | | | | | |
| S. *rostrata* Reuss. | | | | | | | | | | | r | | | |
| S. *excavata* d'Orb. | r | | | r | | r | | | | | r | r | R | r |
| S. *ornata* d'Orb. | | | | r | | | | | | | | | | |
| S. *tenuisepta* Brady | | R | | R | | R | | | | | | | | |
| S. *ornata* (d'Orb.) var. *tricarinata* Le Cal. | | | | | | r | | | | | | | | |
| S. *tripolitana* La Croix | | | | | | | | | | | | | | |
| *Spiroloculina* sp. | | | | | | | | r | | | | | | |
| *Vertrebalina striata* d'Orb. | R | C | C | A | | C | C | C | C | C | | | | |
| V. *insignis* Brady (?) | | | | | | | | | | r | | | | |
| MILIOLIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Articulina lineata* Brady | | | | | | r | | | | | | | | |
| *Massilina secans* (d'Orb) | | | | | | | | | | | C | C | A | R |
| M. *secans* (d'Orb.) var. *denticulata* Costa | | | | | | | | | | | | | R | |

## FORAMINIFEROS DE MENORCA (BALEARES)

| Localidades: | Canal Lazareto | | Cala Teulera | | Cala Apartió | | Fornell | | Fornells | | Arenal Castell | Cala Galdana | Cala Tirant | Fornells |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nos. del gráfico | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | V. | M. | V. | M. | V. | M | V. | M. | V. | M. | M | M. | M | M. |
| *Massilina annectens* Schlumb. | | r | | | | | | | | | | | | |
| *Massilina* sp. | | | | | | | | | | r | | | | |
| *Miliolinella circularis* var. *sublineata* (Born.) | | r | | | | | | | | | | | | |
| M. *suborbicularis* (d'Orb.) | | | | | | | | r | | | | | | |
| M. *subrotunda* (Montagu) | | | | | | r | | | | | | | | |
| *Miliolinella* sp. | | | | | | | | | | | | | | |
| *Pateoris hauerinoides* (Rhumbler) | | | | | | | | | r | r | | r | | |
| *Pyrgo oblonga* (d'Orb.) | | | | | | | | | | r | | | r | |
| *Pyrgo* sp. | | | r | | | r | | | | | | | | |
| *Quinqueloculina aglutinans* d'Orb. | | | | R | | C | | | | | | | | |
| Q. *amigdaloides* (Brady) | | | | | | R | | | | | | | | |
| Q. *aspera* d'Orb. | | | | | | r | | | | | | | | |
| Q. *aspera* (d'Orb.) var. *dilatata* Le Calvez | | | | R | | | | | | | | | | |
| Q. *berthelotiana* d'Orb. | | C | | C | | R | | a | | | r | R | | |
| Q. *berthelotiana* var. *nodulosa* Wiesner | | | | | | r | | | | | r | | | |
| Q. *berthelotiana* var. *wiesnieri* Le Calvez | | | | | | r | | | | | | | | |
| Q. *bicornis* (Walter and Jacob) | | r | | | | | | | | | | | | |
| Q. *bicostata* d'Orb. | | | | r | | | | | | | | | | |
| Q. *bradyana* Cushman | | C | | R | | | | | | | | r | | |
| Q. *candeiana* d'Orb. | | r | | | | | | | r | | | | | |
| Q. *cliarensis* (Her., Arl. and Earland) | | r | | | | r | | | | | | | | |
| Q. *colomi* Le Calvez | | | | | | r | | | | r | | | | |

## FORAMINIFEROS DE MENORCA (BALEARES)

| Localidades: | Canal Lazareto | | Cala Teulera | | Cala Apartió | | Fornell | | Fornells | | Arenal Castell | Cala Galdana | Cala Tirant | Fornells |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nos. del gráfico | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | V | M. | V. | M. | V. | M. | V | M. | V. | M | M | M. | M | M. |
| *Quinqueloculina contorta* Le Calvez | | | | | | r | | | | | | | | r |
| *Q. disparilis* d'Orb. | | R | | | | | | | | | r | | r | |
| *Q. duthiersi* Schlumb. | | | | | | | | | | | | | | r |
| *Q. irregularis* d'Orb. | | r | | R | | r | | | | | | | | |
| *Q. laevigata* d'Orb. | R | C | R | r | | r | | | | | | | | |
| *Q. lamarckiana* d'Orb. | | C | | R | | r | | r | | r | r | | | |
| *Q. laticollis* Le Calvez | | | | r | | | | | | | | | | |
| *Q.* af. *parvula* Dchlumb. | | | | r | | r | | | | | | | | |
| *Q. polygona* d'Orb. | | R | | | | r | | | | | | | | |
| *Q. pulchella* (d'Orb.) | | r | | | | | | | | | | | | |
| *Q. quadrata* Norvag. | | R | | | | R | | | | r | | | | r |
| *Q. reticulata* var. *carinata* d'Orb. | | r | | | | r | | r | | | | | r | |
| *Q. seminulum* (Linnaeus) | | a | | | | R | r | | R | R | r | r | C | R |
| *Q. seminulum* (L.) var. *jugosa* Cush. | | r | | | | | | | | | | | | |
| *Q. sidebottomi* (Mart.) | | | | | | r | | | | | | | | |
| *Q. stelligera* Schl. | | | | r | | | | | | | | | | |
| *Q. suborbicularis* (?) | r | | | | | | | | | | | | | |
| *Q. subpoyeana* Cush. | | R | | r | | | | | | | | | | |
| *Q. undulata* d'Orb. | | r | | | | | | | | | | | r | |
| *Q. ungeriana* d'Orb. | | r | | r | | R | | C | | | R | r | R | R |
| *Q. variolata* d'Orb. | | | | | | r | | | | | | | r | |
| *Q. vermicularis* Karrer | | r | | r | | | | | | r | r | | | |
| *Q. viennensis* Le Calvez | r | r | | | | r | | | | | | | | R |
| *Q. vulgaris* d'Orb. | | | | | | | | | | r | | | | |
| *Quinqueloculina* sp. | | | | | | | | | | | a | r | a | r |
| *Sigmoilina costata* Schlumb. | | C | | r | | | | | | | | | | |
| *S. sigmoidea* (Brady) | | | | | | r | | | | | | | | |

## FORAMINIFEROS DE MENORCA (BALEARES)

| Localidades: | Canal Lazareto | | Cala Teulera | | Cala Apartió | | Fornell | | Fornells | | Arenal Castell | Cala Galdana | Cala Tirant | Fornells |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nos del gráfico | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | V. | M. | V. | M. | V. | M. | V. | M. | V. | M. | M. | M. | M. | M. |
| *Triloculina circularis* ? | | | | r | | | | | | | | | | |
| T. *cuneata* Karrer | | R | | | | R | | | | | | R | R | |
| T. *gracilis* d'Orb. | | | | | | | r | R | | | | | | |
| T. *labiosa* d'Orb. | | | r | | | r | | | | | | | | |
| T. *laevigata* d'Orb. | | | | r | r | C | r | R | | | r | | R | r |
| T. *marioni* Schlumb. | | r | | | | | | | | | | | | |
| T. *oblonga* Mont. | | | | | | | | r | | | | | r | |
| T. *planciana* d'Orb. | | a | | a | | C | | | | | | | C | |
| T. *plicata* Terquem | | | | r | | | | | | | | | | |
| T. *rotunda* d'Orb. | | | | a | | r | | r | | | | | C | r |
| T. *semicostata* (Wies.) | | | | | | | | | r | | | | | |
| T. *sidebottomi* (Mart.) | r | | | A | | | | | | A | | | | |
| T. *suborbicularis* d'Orb. | r | R | | r | | | | r | C | a | | | | |
| T. *tricarinata* d'Orb. | | | | | | r | | | | | | | | |
| T. *trigonula* (Lam.) | | R | | | r | C | | | | | r | | | r |
| T. *webbiana* d'Orb. | | | | | | r | | | | | | | | |
| T. *wiesneri* Le Calvez | | | | | | r | | | | | | | | |
| *Triloculina* sp. | r | | | r | r | r | | | r | | r | r | | |
| SORITIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Amphisorus hemprichii* Ehremberg | | r | | r | | C | | | | | C | C | a | A |
| *Peneroplis carinatus* d'Orb. | r | r | R | | c | a | | | r | | | | | |
| P. *pertusus* (Forskal) | r | | C | a | a | A | C | r | A | C | a | r | | A |
| P. *laevigatus* Karrer | | | R | r | | | | | A | | | | | r |
| P. *planatus* (F.-M.) | | | a | C | | a | | | a | R | r | A | A | A |
| *Peneroplis* sp. | | | | | | | | | | | | | | R |

## FORAMINIFEROS DE MENORCA (BALEARES)

| Localidades: | Canal Lazareto | | Cala Teulera | | Cala Apartió | | Fornell | | Fornells | | Arenal Castell | Cala Galdana | Cala Tirant | Fornells |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nos. del gráfico | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | V. | M. | V. | M. | V. | M. | V. | M. | V. | M. | M. | M | M. | M. |
| **NODOSARIIDAE:** | | | | | | | | | | | | | | |
| *Lenticulina* sp. | | | | r | | | | | | | | | | |
| **POLIMORPHINIDAE:** | | | | | | | | | | | | | | |
| *Globulina inaequalis* | | | | | | | R | | | | | | | |
| *Guttulina communis* d'Orb. | | | | | | | | | | | r | | | |
| **BOLIVINITIDAE:** | | | | | | | | | | | | | | |
| *Brizalina dilatata* (Reuss.) | r | | R | | | | | r | | | r | | | |
| B. *spathulata* (Will.) | | r | | | | | | | | | | | | |
| **DISCORBIDAE:** | | | | | | | | | | | | | | |
| *Discorbinella araucana* (d'Orb.) | | | | | | | r | | | | | | | |
| D. *bertheloti* (d'Orb.) | C | r | | | r | | a | | | | | | | |
| D. *macropora* (Hofker) | | | | | | | | | | | r | | | r |
| *Discorbinella* sp. | | | | | | | C | | | | | | | |
| *Discorbis mira* (Cush) | C | | | | C | | r | | | | | | | |
| *Discorbis* sp. | c | | | | | | A | | | | | | | |
| *Gavelinopsis* sp. | | | | | | | | | r | | | | | |
| *Neoconorbina floridensis* (?) | R | | | | | | r | | | | | | | |
| N. *neapolitana* Hofker | | | | | | | r | | | | R | | | |
| N. *patelliformis* (?) | r | R | r | | | | | | r | | | | | |
| N. *terquemi* (Rzehak) | r | | | | | | | | | | | | | |
| *Rosalina bradyi* (Cush) | | | | | r | | | | | | | | | |
| R. *concinna* (Brady) | | | | | R | | | | | | | | | |
| R. *floridana* ( ) | | | r | | C | | r | | | | | | R | |
| R. *floridensis* Cush) | | | | | | | r | | | | | | | |
| R. *globularis* d'Orb. | C | r | a | | a | | A | | | | | | R | |
| R. *mediterranensis* Le Calvez (= Risori *posidonicola* Colom) | C | r | C | r | C | | A | | | | | | | |

## FORAMINIFEROS DE MENORCA (BALEARES)

| Localidades: | Canal Lazareto | | Cala Teulera | | Cala Apartió | | Fornell | | Fornells | | Arenal Castell | Cala Galdana | Cala Tirant | Fornells |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nos. del gráfico | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | V. | M. | V. | M. | V. | M. | V. | M. | V. | M. | M | M. | M. | M. |
| *Rosalina rugosa* d'Orb. | | | r | | | | | | | | | | | |
| R. *subberthelotti* (Cush) | | | | | R | | | | | | | | | |
| R. *valvulata* d'Orb. | r | r | r | | | | r | | | | r | | | |
| R. *vilardeboana* d'Orb. | | | R | | | | | | | | | | | |
| *Rodalina* sp. | | | | | r | | R | | | | | | | |
| *Valvulineria glabra* Cush. | | | | | | r | | | | | | | | |
| V. *rugosa* (d'Orb.) | | | | | | | | | r | | | | | |
| ASTERIGERINIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Asterigerinella* sp. | | | | | | | r | | | | | | | |
| SPIRILLINIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Patellina corrugata* (Will.) | | | r | | r | | | | R | | | | | |
| *Spirillina vivipara* Ehremb. | r | | | | | | | | | | | | | |
| ROTALIIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Ammonia beccarii* (Lin) | A | C | | | A | r | R | | R | | C | r | | |
| A. *beccarii* (L.) var. *parkinsoniana* (d'Orb.) | | | | | r | | r | | r | | | | | |
| ELPHIDIIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Elphidium advenum* (Cush) | | | | | | r | | | | | | | | |
| E. *advenum* var. *depressulum* (Cush.) | | | | | R | | | | | | | | | |
| E. *crispum* (Lin.) | | a | r | | | a | | | a | | | | | |
| E. *incertum* | | | | | | | r | | | | | | | |
| E. *laminatum* Terquem | r | r | | | r | r | | | | | | | | |
| E. *macellum* (F. & M.) | R | C | | | | C | | r | r | | | | | |
| E. *macellum* var. *aculeatum* (Silvestri) | | r | | | | | | | | | | | | |

## FORAMINIFEROS DE MENORCA (BALEARES)

| Localidades: | Canal Lazareto | | Cala Teulera | | Cala Apartió | | Fornell | | Fornells | | Arenal Castell | Cala Galdana | Cala Tirant | Fornells |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nos. del gráfico | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | V. | M. | V. | M. | V. | M. | V. | M. | V. | M. | M. | M. | M. | M. |
| *Elphidium maioricense* Colom | | R | | | | a | R | a | r | | | | | |
| E. af. *poyeanum* (d'Orb) | | | R | | | | | | | | | | | |
| GLOBOROTALIIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Globorotalia scitula* (Brady) | | | | | | | r | | | | | | | |
| GLOBIGERINIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Globigerinoides* sp. | | | | | | | r | | | | | | | |
| *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker y Jones) | r | | | | | | | | | | | | | |
| EPONIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Eponides concentrica* | | | | | | | r | | | | | | | |
| E. *repandus* (F.-M.) | | | | | r | C | r | | r | | r | | | |
| *Eponides* sp. | | | | | | | | | | r | | | | |
| CIBICIDIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cibicides floridanus* ? | | | | | | | R | | | | | | | |
| C. *lobatulus* (W.-J.) | A | C | a | R | C | C | A | | R | | A | C | a | c |
| C. *pseudoungerianus* (Cush.) | R | | | | | | | r | | | r | | | |
| C. *refulgens* Mont. | R | | | | | | | | | | C | | | r |
| *Cibicides* sp. | | | | | | | | | | | r | | | |
| *Cibicidella variabilis* (d'Orb.) | | r | | r | | r | | | R | | a | | A | |
| *Cyclocibicides vermiculatus* (d'Orb.) | | r | | | | | c | r | | | r | | C | |
| *Dyocibicides biserialis* Cush. & Valent. | | R | | | | | | | | | r | | r | |

## FORAMINIFEROS DE MENORCA (BALEARES)

| Localidades: | Canal Lazareto | | Cala Teulera | | Cala Apartió | | Fornell | | Fornells | | Arenal Castell | Cala Galdana | Cala Tirant | Fornells |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nos. del gráfico | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | V. | M. | V. | M. | V. | M. | V. | M. | V. | M. | M | M. | M. | M |
| PLANORBULINIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Planorulina acervalis* Brady | | R | | r | | r | A | | | | C | r | A | C |
| P. *mediterranensis* d'Orb. | C | R | | C | r | r | C | | C | | C | | a | |
| ACERVULINIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Acervulina inhaerens* Schl. | | | R | r | | | | | | | C | | a | |
| *Acervulina* sp. | | | | r | | | r | | | | | | | |
| HOMOTREMIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Miniacina miniacea* (Pallas) | | | | r | | | | R | | | A | a | A | A |
| LOXOSTONIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Astrononion stelligerum* (d'Orb.) | r | | | | | | | | | | | | | |
| *Florilus boeuanus* (d'Orb.) | r | | | | | | | | | | | | | |
| *Nonion* sp. | | r | | | | | | | | | | | | |
| ANOMALINIDAE: | | | | | | | | | | | | | | |
| *Anomalina flintii* Cush. | | | | r | | | | | | | | | | |
| *Melonis pompilioides* (F. & M.) | | r | | | | | | | | | r | | | |

*FORAMINIFEROS DE MENORCA*

| *Naturaleza del caparazón* | *Familias* | *Porcentajes* |
|---|---|---|
| Aglutinados | Ammodiscidae | 1,16 |
| | Astrorhizidae | 0,58 |
| | Textularidae | 2,90 |
| | Ataxophramiidae | 2,90 |
| Calcáreo-porcelanoides | Fischerinidae | 1,74 |
| | Nubeculariidae | 11,62 |
| | Miliolidae | 33,13 |
| | Nodosariidae | 0,58 |
| | Polymorphinidae | 1,16 |
| Calcáreo-perforados | Soritidae | 2,90 |
| | Bolivinitidae | 1,16 |
| | Discorbidae | 16,27 |
| | Asterigerinidae | 0,58 |
| | Spirillinidae | 0,58 |
| | Rotaliidae | 1,74 |
| | Elphidiidae | 5,23 |
| | Glorobotaliidae | 0,58 |
| | Globigerinidae | 1,16 |
| | Eponidae | 1,74 |
| | Cibicididae | 5,23 |
| | Planorbulinidae | 1,16 |
| | Acervulinidae | 1,74 |
| | Homotremidae | 0,58 |
| | Loxostomidae | 0,58 |
| | Nonionidae | 1,74 |
| | Anomalinidae | 1,16 |

| BIOCENOSIS | Canal del Lazareto (1) | Cala Teulera (2) | Cala Apartió (5) | Bahía de Fornells (5) | Port de Fornells (4) |
|---|---|---|---|---|---|
| N.° de especies | 84 | 71 | 74 | 57 | 45 |
| Población viva (Porcentajes) | 40,65 | 34,45 | 27,46 | 71,60 | 57,15 |
| Población muerta (Porcentajes) | 59,35 | 65,55 | 72,54 | 28,40 | 42,85 |
| Indice α de Fischer $\frac{\text{N.° de especies}}{\text{N.° indiv. muestra}}$ | 0,449 | 0,373 | 0,308 | 0,323 | 0,230 |
| $\frac{\text{Población viva}}{\text{Población muerta}} \times 100$ | 68 | 48 | 37 | 252 | 134 |
| TANATOCENOSIS: | Arenal d'en Castell (6) | Cala Galdana (7) | Cala Tirant (8) | Fornells (9) | |
| N.° de especies | 39 | 21 | 36 | 29 | |
| Indice α de Fischer | 0,195 | 0,225 | 0,181 | 0,295 | |

| Indice diversidad específica: $d = \frac{S-1}{\log. N.}$ | C. Lazareto | C. Teulera | C. Apartió | Fornells (5) | Fornells (9) | A. Castell | C. Galdana | C. Tirant | P. Fornells (4) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 36,53 | 31,04 | 31,94 | 23,59 | 18,76 | 16,51 | 10,00 | 15,65 | 23,75 |

## CONCLUSIONES:

1.—Las 185 especies estudiadas, pertenecientes a 26 familias diferentes, ofrecen un mayor o menor grado de pervivencia según el grado de polución del biotopo. Así puede observarse un número creciente de individuos vivos que va en aumento a partir de la zona altamente contaminada de la Cala Apartió (n.º 3 del gráfico) hasta los biotopos menos alterados de Fornells (nos. 4 y 5 del gráfico).

Entre las especies más resistentes a los factores contaminantes tenemos *Cibicides Lobatulus* (Walker and Jacob), y *Rosalina mediterranensis* (Le Calvez) (sinónimo de *Discorbis posidonicola* Colom?) representadas vivas en todas las muestras.

La abundancia de *Peneroplidae* en Fornells (4) y de *Discorbidae* en Fornells (5), con porcentajes tan altos entre la microfauna viva en el momento de la recogida, nos indican una zona litoral relativamente limpia, con predominio de algas y praderas de *Posidonia oceanica* Delile todavía poco afectadas por materia orgánica procedente de aguas residuales.

2.—De la distribución de Foraminíferos por la naturaleza del caparazón, vemos que en Menorca abundan las formas calcáreo-porcelanoides (*Nubecularidae* 11,62% y *Miliolidae* 33,13%) que viven sobre todo adheridas a los rizomas de posidonia o abrazadas a formas vegetales acintadas o filiformes.

Entre los Foraminíferos calcáreo-perforados abundan los *Discorbidae* (16,17%), los *Cibicididae* (5,23%) y los *Elphidiidae* (5,23%). Mientras las dos primeras familias indican un medio epífito, la tercera es propia de fondos arenáceo-fangosos.

En general trátase de Foraminíferos típicos de la provincia microfaunística mediterránea, con formas calcáreo-perforadas en medio posidonícola y calcáreo-porcelanoides sobre sustrato epigeo litoral con abundancia de gravilla y conchuela. Faltan las especies propias de barros grises como también es asi nula la presencia de especies planctónicas.

Las formas aglutinadas (v.gr. *Textulariidae*), formadas por cementación de materiales extraños (granos de calcita, espículas de esponja, etc.), son escasas en estos biotopos tan superficiales y aunque se trate de especies relativamente euribáticas y de profundidades generalmente inferiores a los

150 mts., es la naturaleza del sustrato, más que la profundidad, el factor que determina la distribución biocenótica de tales Foraminíferos.

3.—Además del papel indicador de contaminación litoral, los Foraminíferos de Menorca tienen una gran afinidad morfológica con las asociaciones microfaunísticas de Mallorca (COLOM, 1964 y MATEU, 1970), sobre todo las del Sur de Menorca con las del NE. de Mallorca que son zonas geográficamente opuestas pero de condiciones ecológicas afines.

**RESUMEN**

## FORAMINIFEROS ACTUALES DE LA ISLA DE MENORCA (BALEARES) Y SU APLICACION COMO INDICADORES BIOLOGICOS DE CONTAMINACION LITORAL

La función indicadora de los Foraminíferos se ha centrado hasta ahora en el estudio comparativo de las diferentes masas de agua oceánica, con sus desplazamientos y en la datación e interpretación ecológica de las biofacies sedimentarias, relacionadas con el origen y evolución de ciertas formaciones petrolíferas.

En este breve estudio hemos tomado los Foraminíferos de Menorca, con sus formas actuales bentónicas, como indicadores biológicos de un medio marino en creciente grado de contaminación, comparando para ello las biocenosis de una zona apenas contaminada (Bahía de Fornells) con las comunidades microfaunísticas del Puerto de Mahón, sujeto a un notable incremento de contaminación anual.

Se puede observar que la razón entre la población viva y la población muerta va en aumento a medida que pasamos de biotopos contaminados (Puerto de Mahn) a zonas menos alteradas por aportaciones humanas e industriales (Bahía de Fornells), a pesar de ser ambas formaciones geográficamente cerradas y con profundidades poco pronunciadas.

El índice de diversidad específica suele disminuir a medida que va creciendo la contaminaión de un biotopo. Aquí no se cumple este principio bioecológico ya que el Puerto de Mahón, a pesar de su alto índice de contaminación, ofrece una mayor diversidad específica que la zona de Fornells cuyos sustratos alguícolas y posidonícolas, por su uniformidad, favorecen un mayor porcentaje de individuos epífitos vivos, pero limitan la dispersión cualitativa de sus especies.

De las 185 especies estudiadas, pertenecientes a 26 familias diferentes, los *Peneroplidae* y los *Discorbidae,* junto con *Ammonia beccarii* y *Cibicides lobatulus,* forman la mayor parte del elemento viviente (dotado de protoplasma en el momento de su recogida) de las biocenosis microfaunísticas de Menorca.

Al margen del papel indicador de contaminación marina, los Foraminíferos de Menorca forman unas asociaciones muy semejantes a las del litoral de Mallorca (COLOM 1964 y MATEU 1970), sobre todo en lo que se refiere a las costas miocénicas del S. de Menorca y las del NE. de Mallorca que, aunque correspondan a puntos geográficos opuestos, gozan de condiciones ecológicas afines.

**RÉSUMÉ**

FORAMINIFERES ACTUELS DE L'ILE DE MINORQUE (BALEARES) ET LEUR APPLICATION COMME INDICATEURS BIOLOGIQUES DE CONTAMINATION LITTORAL

La fonction indicatrice des Foraminiféres a été centrée jusqu'a présent sur l'etude comparative des differentes masses d'eau des oceans avec leurs déplacements et sur la datation et l'interpretation écologique des biofacies sédimentaires ayant des relations avec l'origine et l'evolution de certaines formations pétrolifères.

Dans cette breve étude nous avons pris les Foraminifères de Minorque, avec leurs formes bentoniques actuelles, comme indicateurs biologiques d'un milieu marin à contamination croissante. A cet effet on compare les biocénoses d'une zone à peine contaminée (Baie de Fornells) avec les communautés micro-faunstiques du Port de Mahon, soumis à une notable augmentation annuelle de contamination.

On peut remarque que la proportion entre la population vivante et la proportion morte augmente à mesure que l'on passe des biotopes contaminés (Port de Mahon) aux zones moins modifiées ou altérees par des apportations humaines ou industrielles (Baie de Fornells), bien que les deux formations soient geographiquement fermées et pas trés profondes.

L'index de diversité specifique diminue ordinairement à mesure que la contamination d'un biotope augmente. Ce principe bioecologique n'a pas lieu ici, puisque le Port de Mahon, en dépit de son index de contamination trés élevé, présente une plus grande diversité specifique que la zone de Fornells. Les substrats alguicoles et posidonicoles de cette dernière zone, a

cause de leur uniformité, favorisent un plus grand pourcentage d'individus épiphytes vivants, mais diminuent la dispersion qualitative de leurs espèces.

Des 185 espèces étudiées, appartenent à 26 familles differentes, les *Peneroplidae* et les *Discorbidae,* avec les *Ammonia beccarii* et *Cibicides lobatulus,* forment la plus grande partie dés elements vivants (ayant le protoplasma au moment d'être recueillies) des biocenoses microfaunistiques de Minorque.

En plus de leur rôle comme indicateurs de la contamination marine, les Foraminifères de Minorque forment des associations trés semblables à celles du litoral de Majorque (COLOM 1964 et MATEU 1970), principalment pour ce qui a rapport aux zones côtières miocéniques du sud de Minorque et du Nord-Est de Majorque. Ces zones bien qu'elles correspondent à des points geographiques opposés, ont des conditions écologiques assez semblables.

**RESUME**

## PRESENT-DAY FORAMINIFERES OF THE ISLAND OF MINORCA (BALEARICS) AND THEIR USE AS BIOLOGICAL INDICATORS OF COASTAL CONTAMINATION

Until now the role of foraminifers as indicators has centred on the comparative study of different masses of oceanic water, together with its displacements, and on the dating and ecological interpretation of sedimentary biofacies, with relation to the origin and evolution of certain oil-bearing formations.

In this study we have taken the Minorcan foraminifers, in their present-day benthic forms, as biological indicators of a marine environment in varying stages of contamination, from the scarcely contaminated zone of the Bay of Fornells to that of the Port of Mahon which is subject to a strong annual increment of contamination.

We can see how the ratio between the live and dead populations increases as we pass from contaminated biotopes (the Port of Mahon) to regions less affected by human and industrial waste (the Bay of Fornells), in spite of both areas constituting geographically enclosed formations with little depth of water.

The index of specific diversity usually diminishes as the contamination of a biotope increases. Here, however, this bio-ecological principle does not hold, since the Port of Mahon, in spite of its high level of contamination, offers a greater diversity of species than does the area of Fornells, the uniformity of whose substratum of algae and *Posidonia* favors a greater percentage of individual live epiphytes, but limits the qualitative dispersion of its species.

Of the 185 species studied, belonging to 26 different families, the *Peneroplidae* and *Discorbidae,* together with *Ammonia beccarii* and *Cibicides lobatulus,* form the major portion of the living matter (that having protoplasm at the moment of collection) of the microfaunal biocenosis of Minorca.

Aside from their role as indicator of contamination, the foraminifers of Minorca form associations very similar to those of the coasts of Mallorca (COLOM 1964 and MATEU 1970), above all in those of the Miocene coasts of Southern Minorca and of northeastern Mallorca, which, although occupying opposed geographical positions, enjoy similar ecological conditions.

# BIBLIOGRAFÍA


BALLE, P.—1969. Estudio fisiográfico-sedimentológico de los fondos marinos del precontinente balear y valenciano-catalán. *Tesis Doctoral. Fac. Cien. Madrid. Sec. Geolo. Serie A, núm. 99, 101 pags. y 47 figs.*

COLOM, G.—1964. Sedimentación costera balear (Mallorca y Menorca). *Mem. Acad. Cien. y Artes de Barcelona. Vol. XXXIX, núm. 15, pp. 495-550, lams. 1-19.*

FURNESTIN, J.—1960. Hidrologie de la Mediterranée occidentale (Golfe de Lion, Mer Catalane, Mer d'Alboran, Corse Orientale). *Rev. Trav. Pêches Marit. 24 (1), pp. 5-121, figs. 1-110.*

MATEU, G.—1970. Estudio sistemático y bioecológico de los Foraminíferos vivientes de los litorales de Cataluña y Baleares. *Trabajos del Inst. Español de Oceanografía, núm. 38, pp. 1-84, figs. 1-8, lams. 1-28 (385 microfotografías).*

OLSON, Tha. A.—1967. Pollution and Marine Ecology. *Interscience Publishers New York.* i-viii; 1-357.

ROUVILLOIS, A.—1970. Biocenose et tanatocenose de Foraminifères sur le plateau continental atlantique au large de l'Ille d'Yeu. *Rev. de Micropal. vol. 13, núm. 3, pp. 188-204.*

ROUVILLOIS, A.—1972. Influence du barrage de l'usine mareomotrice sur la morphologie, l'escologie et la biocenose de la plage de la Ville Ger dans l'estuaire de la Rance. *Le Congres International de la Mer, et 15e Congres International de Thalassothérapie.* 7 - 14 mai 1972 Dinard - Saint Malo - Granville. pp. 115-123.

WALTON, W.R.—1952. Techniques for recognition of living Foraminifera. *Contr. Cush. Found. Foram. Research. núm. 3, pp. 56-60.*

## LAMINA I

A.—*Tanatocenosis* de Foraminíferos de Cala Galdana (7). Menorca (Baleares).

1, 2, 3, 4 y 5. *Miniacina miniacea* (Pallas)

6 y 7. *Nubecularia lucifuga* Defrance

B.—*Biocenosis* de Foraminíferos de Cala Tirant. Menorca. Baleares.

1 y 2. *Triloculina planciana* d'Orb.

3 y 5. *Planorbulina mediterranensis* d'Orb.

4 y 8. *Rosalina globularis* d'Orb.

6. *Amphisorus hemprichii* Ehremberg

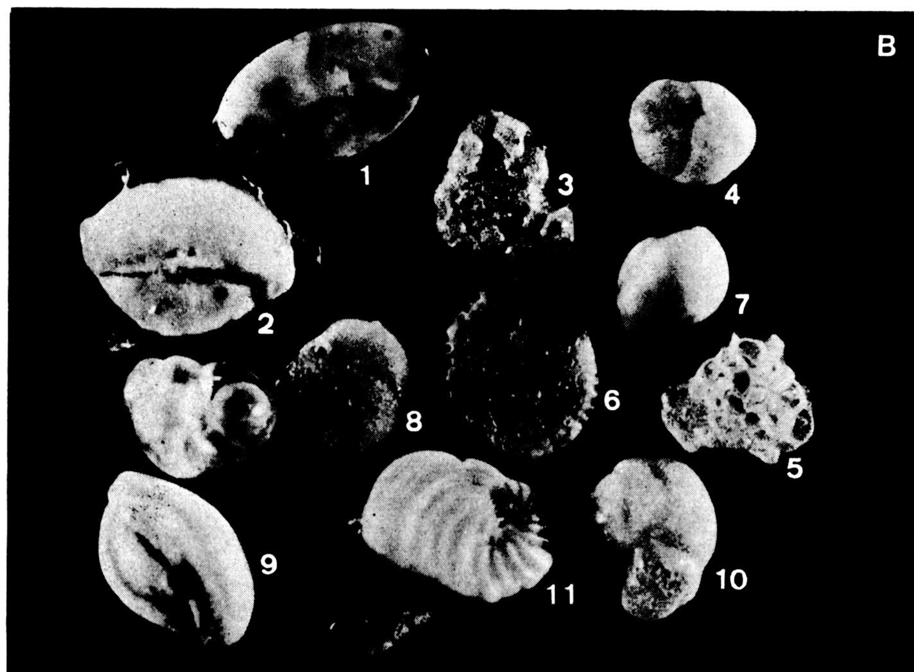
7. *Quinqueloculina* sp.

9. *Quinqueloculina* aff. *colomi* Le Calvez

10. *Cibicides lobatulus* (Walker and Jacob)

11. *Peneroplis planatus* (Fichtel and Moll)


A
1
2
3
4
5
6
7


B
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11